

# Chapitre I :

# Généralités sur les

# systemes embarqués



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.1. définitions :

### Définition 1:

Un système embarqué est un système électronique et informatique autonome ne possédant pas des entrées/sorties standards comme un clavier ou un écran d'ordinateur. Il est piloté dans la majorité des cas par un logiciel, qui est complètement intégré au système qu'il contrôle. On peut aussi définir un système embarqué comme un système électronique soumis à diverses contraintes. A l'origine, ce sont des systèmes matériels et logiciels intégrés dans des avions militaires ou des missiles. Ensuite dans le civil: avions, voitures, machine à laver...! La machine et le logiciel sont intimement liés et noyés dans le matériel et ne sont pas aussi facilement discernables comme dans un environnement de travail classique de type PC.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.1. définitions :

### Définition 2:

« Embedded system » tout système conçu pour résoudre un problème ou une tâche spécifique mais n'est pas un ordinateur d'usage général.

-Utilisent généralement un microprocesseur combiné avec d'autres matériels et logiciel pour résoudre un problème de calcul spécifique.

-Système électronique et informatique autonome ne possédant pas des entrées-sorties standards.

-le système matériel et l'application sont intimement liés et noyés dans le matériel et ne sont discernables comme dans un environnement de travail classique de type PC.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.1. définitions :

### Définition 3:

N'est pas visible en tant que tel, mais est intégré dans un équipement doté d'une autre fonction ; ou dit aussi que le système est enfoui, ce qui traduit plus fidèlement le terme anglais « Embedded ».

-Une faible barrière existe entre les systèmes embarqués et les systèmes temps réel (un logiciel embarqué n'a pas forcément de contraintes temps réel).

-La conception des ces systèmes est fiable (avions, système de freinage ABS) à cause de leur utilisations dans des domaines à fortes contraintes mais également parce que l'accès au logiciel est souvent difficile une fois le système fabriqué.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.1. définitions :

### Définition 4:

Les microprocesseurs s'étendent depuis de simples microcontrôleurs 8bits aux 64bit le plus rapidement et les plus sophistiqués.

-le logiciel système inclus s'étend d'un petit directeur à un grand logiciel d'exploitation en temps réel (RTOS) avec une interface utilisateur graphique (GUI). Typiquement, le logiciel système inclus doit répondre aux événements d'une manière déterministe et devrait toujours être opérationnel.

Les systèmes embarqués couvrent aussi bien les commandes de navigation et de commande de trafic aérien qu'un simple agenda électronique de poche.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.2. Historique :

La plupart des machines qui nous simplifient la vie ont besoin d'un système de régulation ou de contrôle pour fonctionner de manière correcte. Ces systèmes de contrôle existent depuis bien avant l'invention des ordinateurs.

-Un des premiers exemples de système embarqué date du début des années 1960. Il s'agit de l'ordinateur de bord des vaisseaux spatiaux du programme Apollo, qui a amené N. Armstrong sur la lune. Cet ordinateur contrôlait en temps réel les paramètres de vol et adaptait la trajectoire. Il fonctionnait en mode interactif avec les caractéristiques suivantes :

**interface utilisateur**

**Pas de CPU: plus de 4000 circuits intégrés contenant chacun 3 portes**

**NOR 32 Ko de RAM**

**72 Ko de ROM 2MHz**

**Programme en assembleur (11 instructions)**

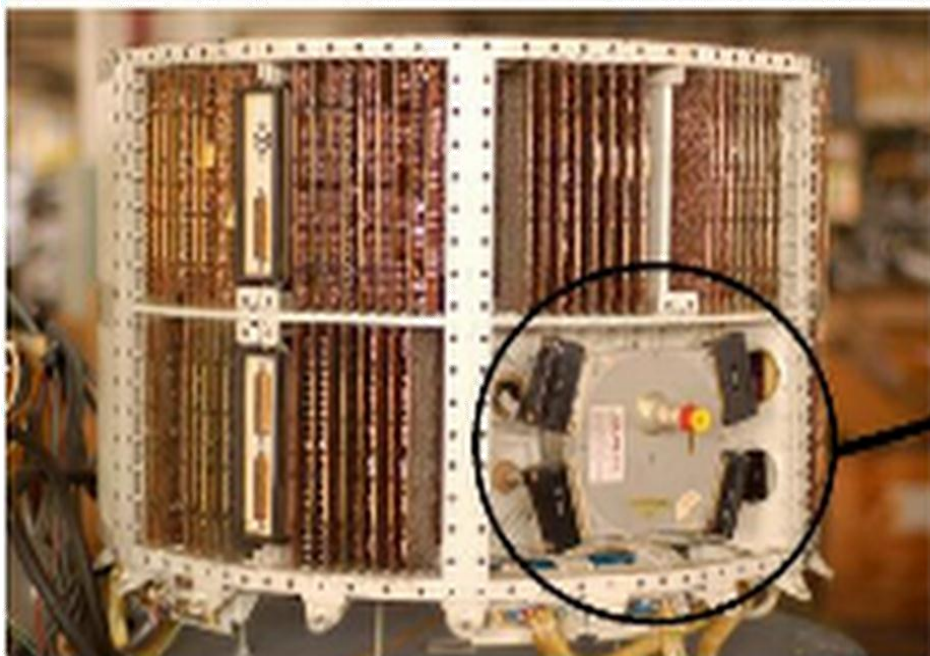


# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.2. Historique :

Le premier système embarqué qui a été produit en série est vraisemblablement le D-17 d'Autonetics. Il servait de système de contrôle aux missiles nucléaires américains LGM-30 Minuteman, produit à partir de 1962.

Le disque était utilisé comme mémoire primaire !



Disque dur

# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.2. Historique :

Depuis les systèmes se sont diversifiés, ils ont permis l'explosion du marché des «*consumer electronics*» où tout est (devenu) numérique (GSM, électroménager, MP3s, etc.). Ils sont également bien présents dans le domaine industriel pour Contrôle de processus de production, etc.

1967 : Apollo Guidance Computer, premier système embarqué. Environ un millier de circuits intégrés identiques (portes NAND).

1960-1970 : Missile Minuteman, guidé par des circuits intégrés.

1971 : Intel produit le 4004, premier microprocesseur, à la demande de Busicom. Premier circuit générique, personnalisable par logiciel.

1972 : lancement de l'Intel 8008, premier microprocesseur 8 bits (48 instructions, 800kHz).





# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.2. Historique :

1974 : lancement du 8080, premier microprocesseur largement diffusé. 8 bits, (64KB d'espace adressable, 2MHz - 3MHz).

1978 : création du Z80, processeur 8 bits.

1979 : création du MC68000, processeur 16/32 bits



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.3. Classes des systèmes embarqués

### ➤ Calcul normal (limite de matériels)

- Application similaire à une application de bureau mais empaquetée dans un système embarqué.
- Les jeux de vidéo, set- top box, et TV Box.

### ➤ Les systèmes de contrôle

- Contrôle de systèmes en Temps Réel.
- Moteur d'automobile, traitement chimique, traitement nucléaire, système de navigation aérien.

### ➤ Traitement de signal

- Calcul sur de grosses quantités de données.
- Le radar et sonar, le dispositif de compression vidéo.

### ➤ > Télécommunications & Réseau

- Transmission d'information et commutation.
- Téléphone portable, Dispositifs de l'Internet.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

La principale caractéristique d'un système embarqué est qu'il est conçu pour gérer quelques **tâches simples**, mais les étapes de la manipulation ou de l'accomplissement de cette tâche peuvent être aussi complexe que tout programme d'ordinateur.

Un contrôleur de jeux vidéo, par exemple, peut être considérés comme ayant des tâches simples, charge le jeu et permettre au joueur de contrôler par le biais de commandes entrées par l'intermédiaire du combiné. En vérité, cependant, un contrôleur de jeu (surtout les nouveaux jeux conçus pour la X-Box ou PS3) passe par une série de mesures et d'actions qui nécessitent le plus de puissance de traitement comme un ordinateur. Parmi les caractéristiques de modernes systèmes embarqués sont:



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

### Interface utilisateur

À L'origine, un système intégré n'a pas d'interface utilisateur, **l'information** et des **programmes** ont déjà été intégrés dans le système (par exemple, le système de guidage d'un missile balistique intercontinental ou ICBM) et il n'y avait pas de nécessité d'intervention humaine ou de l'intervention, sauf pour installer le dispositif de test.

De nombreux systèmes embarqués modernes ont toutefois à grande échelle des interfaces utilisateur bien que ce ne sont que des entrées de données, mais ne sont pas censés fournir des fonctionnalités supplémentaires pour le système, par exemple, un clavier QWERTY pour **PDA (Un PC de poche)** utilisé pour saisir des noms, adresses, numéros de téléphone et des notes.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

**Simple Système Limité, qui provient de la fonctionnalité :** à l'origine, cette référence à des systèmes de base tels que les interrupteurs, les petits caractères ou des chiffres et les voyants affiche uniquement pour but de montrer la «santé» du système embarqué,

Mais il a également atteint un certain niveau de complexité. Une caisse enregistreuse ou d'un guichet automatique avec la technologie d'écran tactile est considéré comme un système intégré, car il a des usages limités, même si l'interface utilisateur (l'écran tactile) est un système complexe.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

### Un système embarqué dans son environnement:

Encore une fois, **la fonctionnalité limitée est la clé dans la définition de ce que les systèmes embarqués.** Dans ce sens, le BIOS est considéré comme un système intégré, car il a des fonctions limitées, et fonctionne automatiquement (quand l'ordinateur est démarré). Périphériques comme l'USB peuvent aussi être considérées comme des systèmes embarqués.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

### Un système embarqué dans son environnement:

Les systèmes embarqués ont pour but de permettre aux objets usuels de réagir à l'environnement. Ils peuvent aussi apporter une interface avec l'utilisateur.

La structure de base de ces systèmes est donnée par la figure 1 :

- **L'environnement** est mesuré par divers capteurs.
- **L'information des capteurs** est échantillonnée pour être traitée par le cœur du système embarqué.
- Le résultat du traitement est **converti en signaux analogiques** qui génèrent les actions sur l'environnement (afficheur d'informations pour l'utilisateur, actionneurs, transmission d'information, etc.).



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

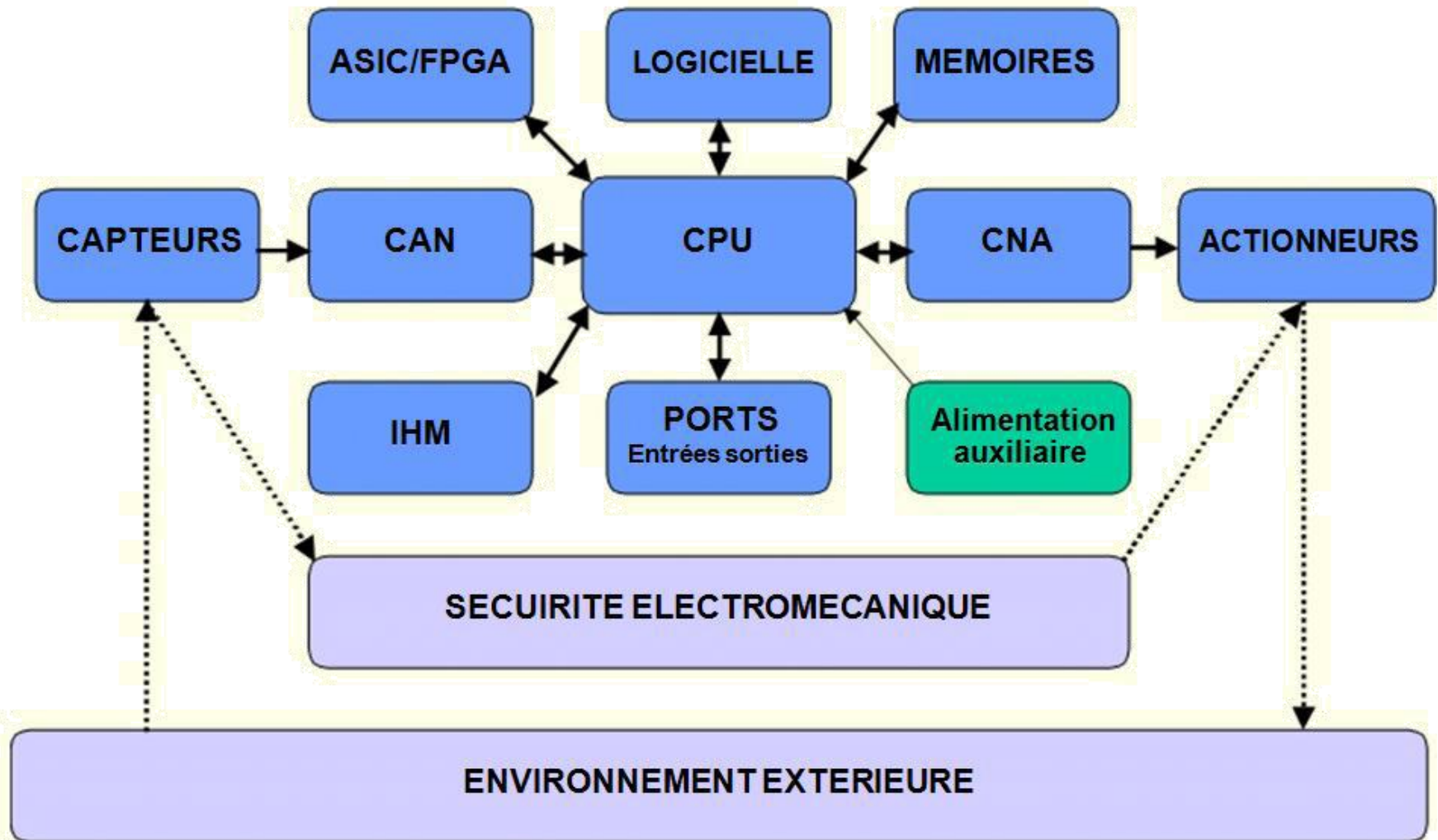
### Un système embarqué dans son environnement:

- On retrouve en entrée des capteurs généralement analogiques couplés à des convertisseurs A/N.
- Au milieu, on trouve le calculateur mettant en œuvre un processeur embarqué et ses périphériques d'E/S.
- Il est à noter qu'il est complété généralement d'un circuit FPGA jouant le rôle de coprocesseur afin de proposer des accélérations matérielles au processeur.





# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

Les principales caractéristiques d'un système embarqué sont les suivantes :

- C'est un système principalement numérique.
- Il met en œuvre généralement un processeur.
- Il exécute une application logicielle dédiée pour réaliser une fonctionnalité précise et n'exécute donc pas une application scientifique, Ce n'est pas un PC en général mais des architectures similaires (x86) basse consommation sont de plus en plus utilisées pour certaines applications embarquées (PC standard peut exécuter tout type d'applications car il est généraliste alors qu'un système embarqué n'exécute qu'une application dédiée).



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

- Les systèmes embarqués ne sont pas toujours des modules indépendants. Le plus souvent ils sont intégrés dans le dispositif qu'ils contrôlent.
- Le logiciel créé pour les systèmes embarqués est appelé firmware. Il est stocké dans de la mémoire en lecture seule ou de la mémoire flash plutôt que dans un disque dur. Il fonctionne le plus souvent avec des ressources matérielles limitées : écran et clavier de tailles réduites, voire absent, peu de mémoire, capacités de calcul relativement faibles.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

- Sur ce schéma théorique se greffe un paramètre important: le rôle de l'environnement extérieur.

Contrairement au PC ronronnant bien au chaud dans un bureau, un système embarqué doit faire face à des environnements plus hostiles. Il doit faire face à un ensemble de paramètres agressifs :

- Variations de la température.
- Vibrations, chocs.
- Variations des alimentations.
- Interférences RF.
- Corrosion.
- Eau, feu, radiations.
- ...



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

- L'environnement dans lequel opère le système embarqué n'est pas contrôlé ou contrôlable. Cela suppose donc de prendre en compte ce paramètre lors de sa conception. On doit par exemple prendre en compte les évolutions des caractéristiques électriques des composants en fonction de la température, des radiations...



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

- les systèmes embarqués sont aujourd'hui fortement communicants. Cela est possible grâce aux puissances de calcul offertes par les processeurs pour l'embarqué (32 bits en particulier) et grâce aussi à l'explosion de l'usage la connectivité Internet ou connectivité IP.

La connectivité IP permet fondamentalement de contrôler à distance un système embarqué par Internet. Ce n'est en fait que l'aboutissement du contrôle à distance d'un système électronique par des liaisons de tout type : liaisons RS.232, RS.485, bus de terrain...



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.4. Caractéristiques des systèmes embarqués :

La connectivité IP permet l'emploi des technologies modernes du web pour ce contrôle à distance par l'utilisateur: il suffit d'embarquer un serveur web dans son équipement électronique pour pouvoir le contrôler ensuite à distance, de n'importe où, à l'aide d'un simple navigateur. Il n'y a plus d'IHM spécifique à concevoir pour cela, ce rôle étant rempli par le navigateur web.

**Mais ne nous méprenons pas sur ces facilités et commodités, cela a bien sûr un revers : la sécurité du système embarqué puisque connecté à Internet. La sécurité des systèmes embarqués est donc cruciale aujourd'hui et doit être prise en compte dès leur conception!**



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

Les systèmes embarqués exécutent des tâches prédéfinies et ont un cahier des charges contraignant à remplir, qui peut être d'ordre

- **De coût.** Le prix de revient doit être le plus faible possible surtout s'il est produit en grande série.
- **D'espace compté,** ayant un espace mémoire limité de l'ordre de quelques Mo maximum. Il convient de concevoir des systèmes embarqués qui répondent au besoin au plus juste pour éviter un surcoût.
- **De puissance de calcul.** Il convient d'avoir la puissance de calcul juste nécessaire pour répondre aux besoins et aux contraintes temporelles. Les processeurs utilisés dans les systèmes embarqués sont 2 à 3 décades moins puissantes qu'un processeur d'un ordinateur PC.





# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

- **De consommation énergétique** la plus faible possible, due à l'utilisation de batteries et/ou, de panneaux solaires voir de pile à combustible pour certain prototypes.

- **Temporel**, dont les temps d'exécution et l'échéance temporel d'une tâches est déterminé (les délais sont connus ou bornés a priori). Cette dernière contrainte fait que généralement de tels systèmes ont des propriétés temps réel.

On entend souvent parler de Temps Réel dès que l'on parle de système embarqué.

En fait, un système embarqué doit généralement respecter des contraintes temporelles fortes (Hard Real Time) et l'on y trouve enfoui un système d'exploitation ou un noyau Temps Réel (Real Time Operating System, RTOS).



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

Le Temps Réel est un concept un peu vague et chacun a sa propre idée sur la question.

1- On pourrait le définir comme : Un système est dit Temps Réel lorsque l'information après acquisition et traitement reste encore pertinente.

2- Plus précisément, cela veut dire que dans le cas d'une information arrivant de façon périodique (**sous forme d'une interruption périodique du système**), **les temps d'acquisition et de traitement doivent rester inférieurs à la période de rafraîchissement** de cette information. Un temps maximum d'exécution est garanti et non un temps moyen.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

Pour cela, il faut que le noyau ou le système Temps Réel :

- Soit déterministe : les mêmes causes produisent les mêmes effets avec les mêmes temps d'exécution.
- Soit préemptif : la tâche de plus forte priorité prête à être exécutée doit toujours avoir accès au processeur.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

L'idée reçue est de *mélanger Temps Réel et puissance de calcul du système embarqué, ce n'est pas toujours vrai.*

On entend souvent : Etre temps Réel, c'est avoir beaucoup de puissance : des MIPS (Million d'Instructions Par Seconde, des MFLOPS« opérations à virgule flottante par seconde » (en anglais, Mega FLoating point Operations Per Second).



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

En fait, être Temps Réel, c'est être capable d'acquiescer l'interruption périodique, traiter l'information et le signaler au niveau utilisateur (**exemple** : réveil d'une tâche, libération d'un sémaphore...) dans un temps **inférieur** au temps entre deux interruptions périodiques consécutives.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

On est donc lié à la contrainte durée entre deux interruptions. C'est donc bien **le processus extérieur** à contrôler qui **impose ses contraintes temporelles** au système embarqué et non le contraire.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

### Exemple :

- Si cette durée est de l'ordre de la seconde (pour le contrôle d'une réaction chimique par exemple), il ne sert à rien d'avoir un système à base de processeur 32 bits performant. Un simple processeur 8 bits voire même un processeur 4 bits fera amplement l'affaire ; ce qui permettra de minimiser les coûts sur des forts volumes de production.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

### Exemple :

- Si ce temps est maintenant de quelques dizaines de microsecondes (pour le traitement des données issues de l'observation d'une réaction nucléaire par exemple), il est alors nécessaire de choisir un processeur nettement plus performant comme un processeur 32 bits (processeurs ARM, ColdFire..).





# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

**Donc :**

Du point de vue technique, la conception d'un système embarqué demande à son concepteur d'être pluridisciplinaire : électronique, informatique, réseaux, sécurité ...

Mais le concepteur se doit aussi d'être un bon gestionnaire car concevoir un système embarqué revient finalement à un exercice d'optimisation : minimiser les coûts de production pour des fonctionnalités optimales.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

**Donc :**

Il convient donc avant de concevoir le système embarqué de connaître la durée minimale entre 2 interruptions ; ce qui est assez difficile à estimer voire même impossible.

C'est pour cela que l'on a tendance à concevoir dans ce cas des systèmes performants et souvent surdimensionnés pour respecter des contraintes Temps Réel mal cernées à priori.

Ceci induit en cas de surdimensionnement un surcoût non négligeable.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.5. Les contraintes des systèmes embarqués :

- **De sécurité et de sûreté de fonctionnement.** Car s'il arrive que certains de ces systèmes embarqués subissent une défaillance, ils mettent des vies humaines en danger ou mettent en périls des investissements importants. Ils sont alors dits « critiques » et ne doivent jamais faillir. Par « jamais faillir », il faut comprendre toujours donner des résultats juste, pertinents et ce dans les délais attendus par les utilisateurs (machines et/ou humains) desdits résultats.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

Dans cette section, nous présentons les architectures supportées par trois générations d'outils de conception.

### I.6.1. Les systèmes embarqués de première génération :

#### I.6.1.1. Partie matérielle des systèmes embarqués de première génération :

Les premiers systèmes embarqués supportés par des outils tels que COSYMA et Vulcan étaient très simples : ils étaient constitués d'un processeur qui contrôlait un nombre restreint de CIAS (circuits intégrés à applications spécifiques) ou *ASIC* qui étaient appelés périphériques. Cette architecture est représentée par figure 2. Les communications de cette architecture se situent au niveau du bus du processeur et sont type maître/esclave : le processeur est le maître et les périphériques sont les esclaves.



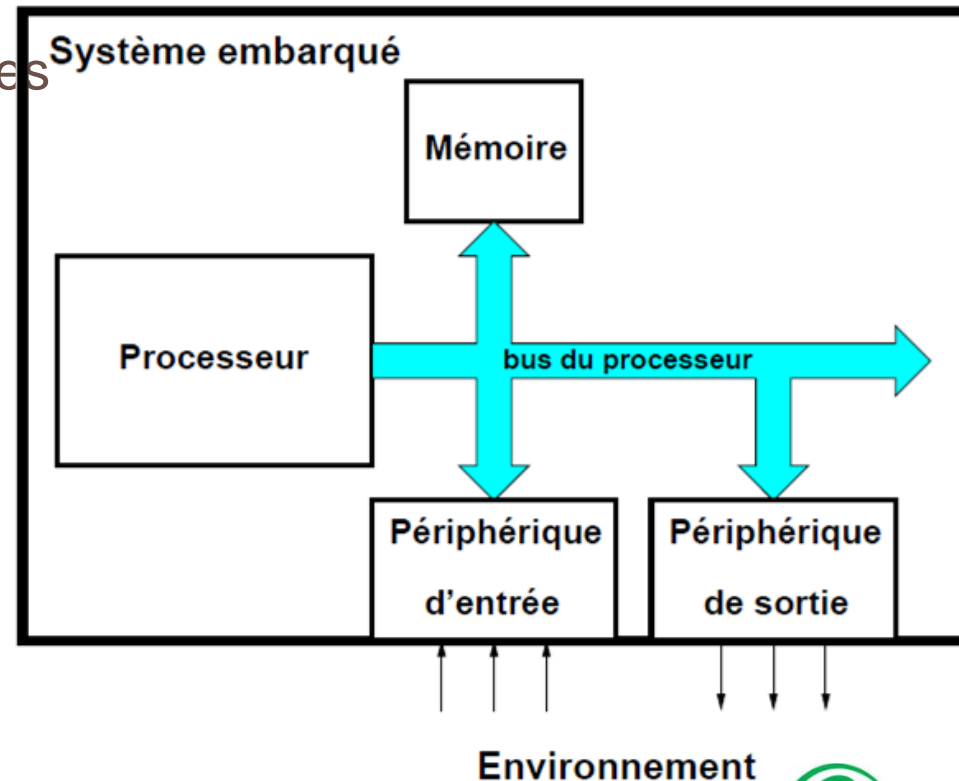
# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.1. Les systèmes embarqués de première génération :

#### I.6.1.1. Partie matérielle des systèmes embarqués de première génération :

- Les **périphériques** de ces architectures étaient essentiellement des capteurs Et des actionneurs(contrôleurs magnétiques, sortie, etc.).
- Le **processeur** est dédié au calcul et au contrôle de l'ensemble du système.
- Les **microcontrôleurs** assemblent sur une même puce le processeur et les périphériques.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.1. Les systèmes embarqués de première génération :

#### I.6.1.2. Partie logicielle des systèmes embarqués de première génération :

Ne devant pas exécuter de nombreuses opérations simultanées (le nombre de périphériques et de fonctions étant restreint), les parties logicielles étaient constituées d'un seul programme. La réaction aux événements était effectuée par le biais de **routines de traitement d'interruptions**.

Cette partie logicielle était décrite directement en langage d'assemblage ce qui permettait d'obtenir un code efficace et de petite taille.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.2. Les systèmes embarqués de deuxième génération :

Les premiers systèmes embarqués ne pouvaient fournir que des fonctions simples ne requérant que peu de puissance de calcul. Leur architecture ne peut pas supporter les fonctionnalités requises pour les systèmes embarqués actuels à qui il est demandé non seulement d'effectuer du contrôle, mais aussi des calculs complexes tels que ceux requis pour le traitement numérique du signal. De nouveaux outils tels que N2C (dans ces nouvelles versions) permettent de traiter des architectures plus complexes.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.2. Les systèmes embarqués de deuxième génération :

#### I.6.2.1. Partie matérielle des systèmes embarqués de deuxième génération :

L'architecture des systèmes embarqués de deuxième génération est composée d'un **processeur central**, de **nombreux périphériques**, et souvent de quelques **processeurs annexes** contrôlés par le processeur central. Le processeur central est dédié au **contrôle de l'ensemble du système**. Les processeurs annexes sont utilisés pour **les calculs** ; il s'agit souvent de processeurs spécialisés comme les DSP. Une telle architecture est représentée à la figure 3. Dans une telle architecture, plusieurs bus de communication peuvent être nécessaires : chaque processeur dispose de son bus de communication.





# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.2. Les systèmes embarqués de deuxième génération :

#### I.6.2.1. Partie matérielle des systèmes embarqués de deuxième génération :

Une telle architecture est représentée la figure 3.

dans une telle architecture plusieurs bus de communication peuvent être nécessaire

chaque processeur dispose de son bus de communication

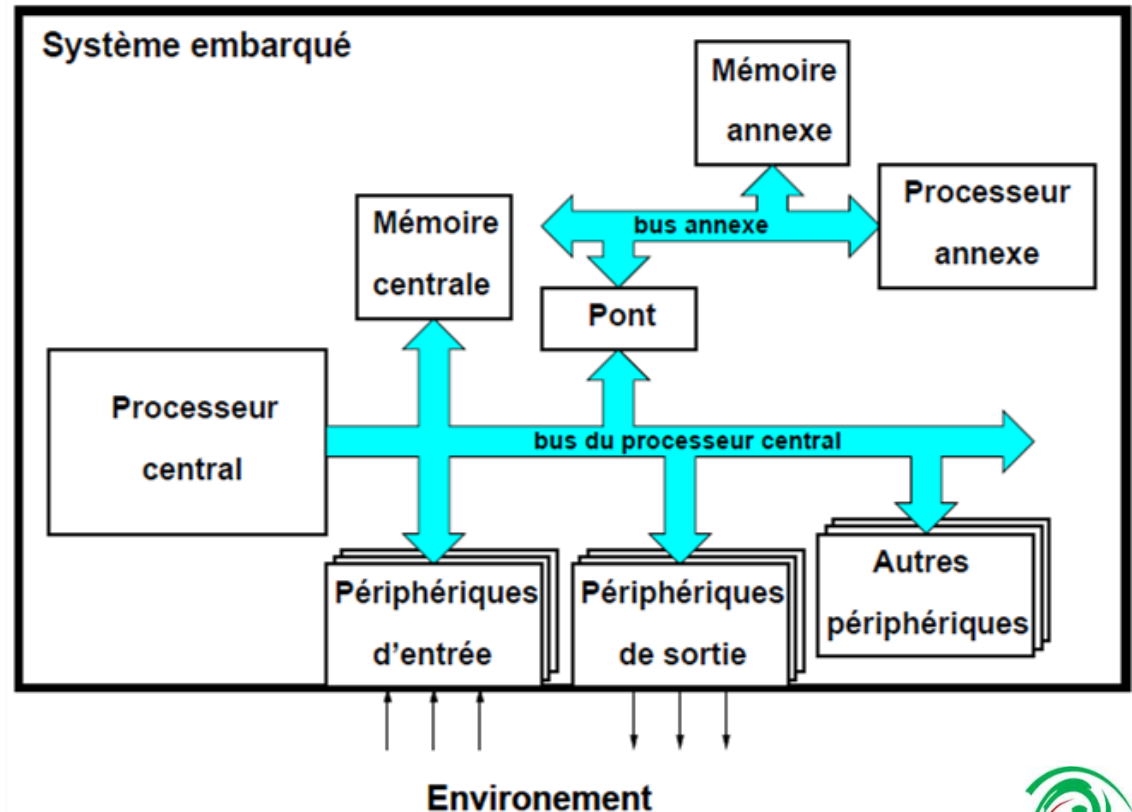


# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.2. Les systèmes embarqués de deuxième génération :

#### I.6.2.1. Partie matérielle des systèmes embarqués de deuxième génération :



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.2. Les systèmes embarqués de deuxième génération :

#### I.6.2.2. Partie logicielle des systèmes embarqués de deuxième génération :

La partie logicielle des systèmes embarqués de deuxième génération est répartie sur **plusieurs processeurs** (le processeur principal et les processeurs annexes). Les systèmes actuels sont trop complexes pour pouvoir être gérés par un unique programme sur le processeur principal. Il est donc nécessaire d'avoir une gestion multitâche sur ce processeur, et un système d'exploitation est couramment employé dans ce but.

Le logiciel du processeur central est souvent décrit dans un langage de **haut niveau** tel que le C. le logiciel des processeurs annexes est souvent trop spécifique pour être entièrement décrit dans un langage de haut niveau, et l'utilisation des langages d'assemblage est nécessaire.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.3. Les systèmes embarqués de troisième génération :

Les progrès de l'intégration permettent d'envisager des circuits pouvant contenir plusieurs milliers de portes. Il devient donc techniquement possible de fabriquer des systèmes embarqués pouvant remplir toutes les fonctionnalités souhaitées.

#### I.6.3.1. Parties matérielles des systèmes embarqués de troisième génération :

Pour pouvoir supporter conjointement les besoins en puissance et en flexibilité, ces architectures comprennent de plus en plus de processeurs, qui peuvent chacun se comporter en maître : l'architecture couramment utilisée, basée sur un processeur central contrôlant le reste du système, n'est donc plus suffisante.



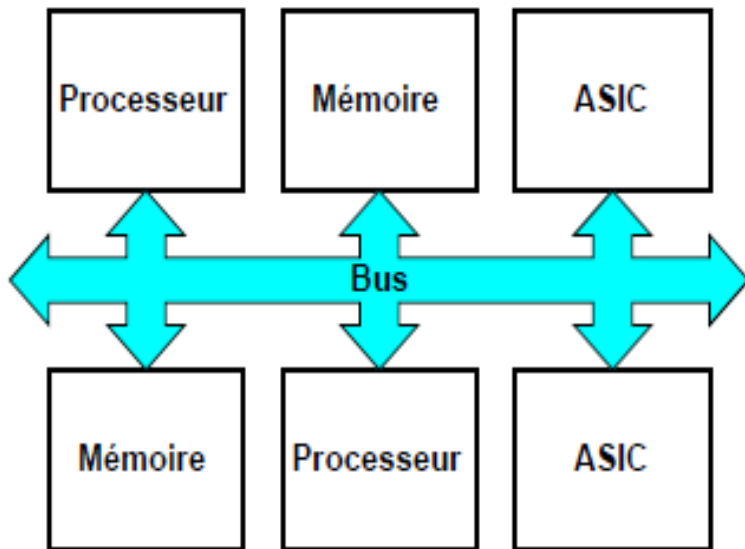
# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

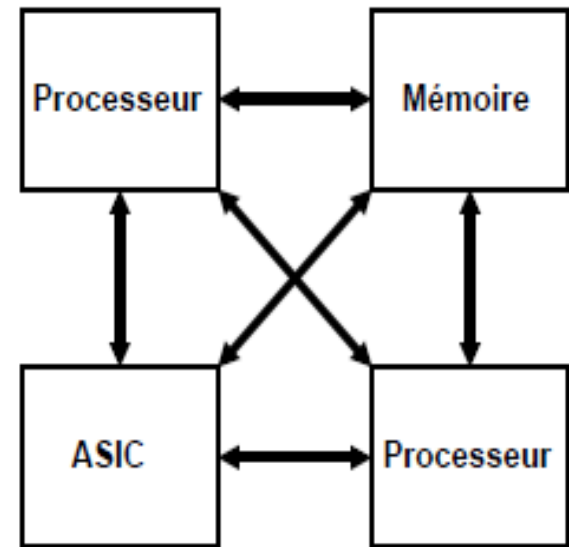
### I.6.3. Les systèmes embarqués de troisième génération :

#### I.6.3.1. Parties matérielles des systèmes embarqués de troisième génération :

Architecture à base de bus



Architecture en barres croisées



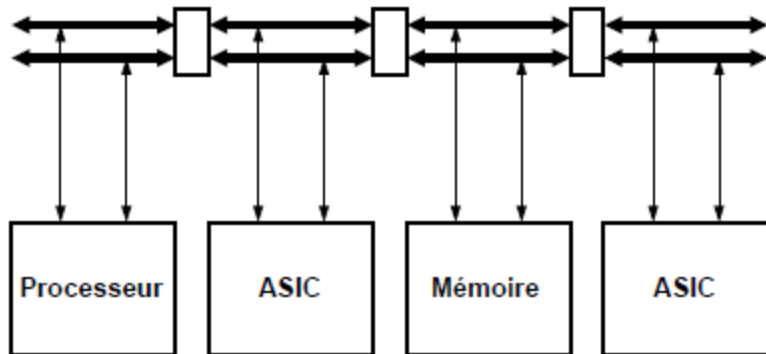
# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

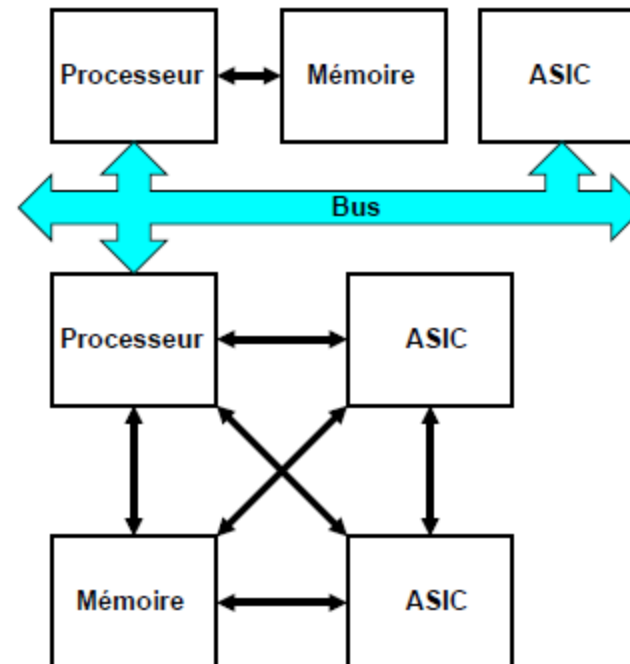
### I.6.3. Les systèmes embarqués de troisième génération :

#### I.6.3.1. Parties matérielles des systèmes embarqués de troisième génération :

Architecture à base de réseau commuté



Architecture mixte



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.3. Les systèmes embarqués de troisième génération :

#### I.6.3.1. Parties matérielles des systèmes embarqués de troisième génération :

Alors qu'auparavant, le goulet d'étranglement était les ressources en calcul, de nos jours il est situé plutôt au niveau des communications. Ce sont elles qui définissent désormais l'architecture, et non plus les ressources de calcul. La figure 4 donne des exemples d'architectures centrées sur les communications. Dans cette figure, tous les éléments (processeur, ASIC ou mémoires) sont traités de la même manière.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.3. Les systèmes embarqués de troisième génération :

#### I.6.3.1. Parties matérielles des systèmes embarqués de troisième génération :

- Le premier exemple est basé sur des communications par bus : ce modèle de communication consomme peu de surface, mais risque de devenir un goulet d'étranglement.
- Le deuxième est basé sur des communications en barres croisées très performantes mais aussi très coûteuses en surface.
- Le troisième exemple donne une solution intermédiaire, par réseau commuté. Enfin le dernier exemple montre qu'il est possible de mixer plusieurs modèles de communication, et d'apporter de la hiérarchie dans l'architecture.





# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.3. Les systèmes embarqués de troisième génération :

#### I.6.3.1. Parties matérielles des systèmes embarqués de troisième génération :

Autour de ce modèle d'architecture centré sur les communications, se greffent les autres modèles d'architecture : architectures des éléments de calcul et des mémoires. L'architecture des éléments de calcul consiste à définir quels sont les éléments principaux et quels sont leurs périphériques de manière à les grouper dans une architecture locale. L'architecture des mémoires sert à définir quelles sont les mémoires locales à un groupe et quelles sont celles qui seront partagées.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.3. Les systèmes embarqués de troisième génération :

#### I.6.3.2. Parties logicielles des systèmes embarqués de troisième génération :

Les parties logicielles ont beaucoup gagné en importance dans les systèmes embarqués. Plusieurs systèmes d'exploitation sont parfois nécessaires pour les divers processeurs de l'architecture. De plus, la complexité et la diversité des architectures possibles font qu'il devient de plus en plus nécessaire d'abstraire les tâches logicielles des détails du matériel. Toute cette complexité est donc reportée dans les systèmes d'exploitation, qui deviennent de plus en plus complexes.



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.6. Architecture des systèmes embarqués :

### I.6.3. Les systèmes embarqués de troisième génération :

#### I.6.3.2. Parties logicielles des systèmes embarqués de troisième génération :

Cette complexité logicielle et matérielle entraîne de nombreuses alternatives. En particulier, l'aspect multiprocesseur apporte des alternatives pour les systèmes d'exploitation : il peut y avoir un seul système pour tous les processeurs (solution difficilement applicable lorsque les processeurs sont hétérogènes), ou il peut y avoir un système par processeur (solution qui peut être plus coûteuse).



# Chapitre I : Généralités sur les systèmes embarqués

## I.7. Les systèmes embarqués spécifiques :

Lorsqu'un système est utilisé pour une tâche bien précise, il est souvent plus efficace et économe s'il est spécifique à cette fonctionnalité que s'il est général. Les systèmes embarqués sont très souvent utilisés dans ces conditions, et il est donc intéressant qu'ils soient conçus spécifiquement pour les fonctions qu'ils doivent remplir. Notamment, les contraintes citées dans la section précédente ne peuvent souvent être respectées que si le système est conçu dès le départ pour pouvoir les respecter. Il est donc de par sa conception même spécifique.

*Le problème qui se pose alors est que, pour chaque nouvelle fonctionnalité, il faudra concevoir un système spécifique différent de ceux déjà existants.*

